

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

10/500741

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
21. August 2003 (21.08.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/068417 A2(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: B05D 7/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/00967

(22) Internationales Anmeldedatum:  
31. Januar 2003 (31.01.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 06 225.0 15. Februar 2002 (15.02.2002) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): BASF COATINGS AG [DE/DE]; Glasuritstr. 1,  
48165 Münster (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BAUMGART, Hubert  
[DE/DE]; Am Dornbusch 44 a, 48163 Münster (DE).  
KUSSEL, Daniel [DE/DE]; Theodor-Storm-Str. 6, 48165  
Münster (DE). LICHTHE, Yvonne [DE/DE]; Marktallee  
46, 48165 Münster (DE).

(74) Anwalt: FITZNER, Uwe; Lintorfer Str. 10, 40878 Ratingen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

## Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu  
veröffentlichen nach Erhalt des BerichtsZur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING CHROMOPHORIC AND/OR EFFECT-PRODUCING MULTILAYER COATINGS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG FARB- UND/ODER EFFEKTGEBENDER MEHRSCICHTLACKIERUNGEN

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing multilayer coatings, according to which: (I) a primer (A) that can be cured thermally and by using actinic radiation (dual-curable) is applied to a substrate whereby resulting in the formation of a primer layer (A); (II) the primer layer (A) is irradiated with actinic radiation whereby resulting in the formation of a partially cured primer layer (A); (III) a thermally curable and/or a dual-curable, pigmented coating substance (B) is applied to the partially cured primer layer (A) whereby resulting in the formation of at least one pigmented layer (B); (IV) the dual-curable layer (B) is irradiated with actinic radiation whereby resulting in the formation of a partially cured layer (B); (V) a transparent lacquer (C) that can be cured using radiation and/or can be dual cured is applied to layer (B) whereby resulting in the formation of a transparent lacquer coating and/or a dual-curable transparent lacquer layer (C); (VI) transparent layer(s) (C) is/are irradiated with actinic radiation whereby resulting in the formation of a transparent coating and/or a partially cured transparent lacquer layer (C), and; (VII) layers (A), (B) and (C), when only partially cured, are thermally cured together.

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Herstellung von Mehrschichtlackierungen, bei dem man(I) einen thermisch und mit aktinischer Strahlung (Dual-Cure-)härtbaren Primer (A) auf ein Substrat appliziert, wodurch eine Primerschicht (A) resultiert,(II) die Primerschicht (A) mit aktinischer Strahlung bestrahlt, wodurch eine partiell gehärtete Primerschicht (A), resultiert,(III) einen thermisch härtbaren und/oder einen Dual-Cure-härtbaren, pigmentierten Beschichtungsstoff (B) auf die partiell gehärtete Primerschicht (A) appliziert, wodurch mindestens eine pigmentierte Schicht (B), resultiert,(IV) die Dual-Cure-härtbare Schicht (B) mit aktinischer Strahlung bestrahlt, wodurch eine partiell gehärtete Schicht (B), resultiert,(V) einen mit strahlenhärtbaren und/oder einen Dual-Cure-härtbaren Klarlack (C) auf die Schicht (B) appliziert, wodurch Klarlackierung und/oder eine Dual-Cure-härtbare Klarlackerschicht (C) resultiert oder resultieren,(VI) die Klarlackerschicht(en) (C) mit aktinischer Strahlung bestrahlt, wodurch eine Klarlackierung und/oder eine partiell gehärtete Klarlackerschicht (C), resultiert oder resultieren, und(VII) die Schichten (A), (B) und (C), wenn nur partiell gehärtet, gemeinsam thermisch härtet.

WO 03/068417 A2

## **Verfahren zur Herstellung farb- und/oder effektgebender Mehrschichtlackierungen**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein neues Verfahren zur Herstellung  
5 farb- und/oder effektgebender Mehrschichtlackierungen.

Farb- und/oder effektgebende Mehrschichtlackierungen und Verfahren zur  
ihrer Herstellung sind bekannt. Sie werden vor allem für die Lackierung  
von Kraftfahrzeugen, insbesondere Nutzfahrzeugen und Automobilen,  
10 verwendet. Der so genannte Automobilaufbau der farb- und/oder  
effektgebenden Mehrschichtlackierungen, wie er in Römpf Lexikon Lacke  
und Druckfarben, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1998, Seite  
50, »Automobil-Lackierung«, definiert wird, besteht im allgemeinen aus  
Elektrotauchlackierung, Primer, Füllerlackierung oder  
15 Steinschlagschutzgrundierung, Basislackierung und Klarlackierung.

Die Verwendung der farb- und/oder effektgebenden  
Mehrschichtlackierungen als Automobilaufbau setzt die so genannte  
Automobilqualität voraus. Gemäß dem europäischen Patent EP 0 352 298  
20 B 1, Seite 15, Zeile 42, bis Seite 17, Zeile 14, bedeutet dies, dass die  
betreffenden farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen

- (1) einen hohen Glanz,
- (2) eine hohe Abbildungsunterscheidbarkeit,
- 25 (3) ein hohes und gleichmäßiges Deckvermögen,
- (4) eine einheitliche Trockenschichtdicke,
- (5) eine hohe Benzinbeständigkeit,
- (6) eine hohe Lösemittelbeständigkeit,
- (7) eine hohe Säurebeständigkeit,
- 30 (8) eine hohe Härte,
- (9) eine hohe Abriebfestigkeit,

- (10) eine hohe Kratzfestigkeit,
- (11) eine hohe Schlagfestigkeit,
- (12) eine hohe Zwischenschichthaftung und Haftung auf dem Substrat und
- (13) eine hohe Witterungsstabilität und UV-Beständigkeit

5

aufweisen müssen. Diese Voraussetzungen müssen nicht nur die farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen erfüllen, die sich auf den Kraftfahrzeugkarosserien befinden, sondern auch diejenigen, die sich auf Anbauteilen, wie Schutzbleche, Kotflügel, Türen, Kofferraumdeckel, Spoiler oder Reflektoren von Lampen, die nicht aus Metall, sondern aus Kunststoffen, insbesondere faserverstärkten Kunststoffen, SMC, (Sheet Molded Compounds) BMC (Bulk Moulded Compounds), IMC (Injection Moulded Compounds) und RIMC (Reaction Injection Moulded Compounds), hergestellt werden.

15

Bekanntermaßen werden die farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen hergestellt, indem man auf die elektrotauchlackierten Kraftfahrzeugkarosserien oder die Anbauteile einen Primer oder Füller appliziert, der in den allermeisten Fällen für sich selbst thermisch gehärtet wird. Auf die resultierende Füllerlackierung oder Steinschlagschutzgrundierung wird dann nach dem sogenannten Nass-in-nass-Verfahren ein Basislack und ein Klarlack aufgetragen, wonach man die resultierenden Schichten gemeinsam thermisch härtet. Dieses Verfahren weist den Nachteil auf, dass nur thermisch im besonders stabile Substrate hierdurch beschichtet werden können.

25

Um die Aushärtung zu beschleunigen und um auch thermisch labile Substrate beschichten zu können, hat man versucht die thermisch härtbaren Beschichtungsstoffe durch Beschichtungsstoffe zu ersetzen, die mit aktinischer Strahlung gehärtet werden können.

30

Hier im folgenden wird unter aktinischer Strahlung elektromagnetische Strahlung, wie nahes Infrarot (NIR), sichtbares Licht, UV-Strahlung und Röntgenstrahlung, insbesondere UV-Strahlung, und Korpuskularstrahlung, wie Elektronenstrahlung, verstanden.

5

Häufig lassen sich aber die pigmentierten Beschichtungsstoffe, wie Primer, Füller oder Steinschlagschutzgrundierungen und Basislacke wegen der Wechselwirkung der aktinischen Strahlung mit den Pigmenten nur schlecht aushärten. Bei den Klarlacken besteht dieses Problem  
10 bekanntermaßen nicht, es kann aber wegen der raschen Reaktionen und wegen der hohen Vernetzungsdichte zum Schrumpfen der resultierenden Klarlackierungen kommen. Nicht zuletzt lassen sich die Schattenzonen von komplexen dreidimensionalen Substrate nur dann optimal aushärten, wenn ein hoher apparativer Aufwand getrieben wird. Dabei müssen  
15 Hohlräume, Falzen und andere konstruktionsbedingte Hinterschneidungen mit Punkt-, Kleinflächen- oder Rundumstrahlern, verbunden mit einer automatischen Bewegungseinrichtung für das Bestrahlen von Hohlräumen oder Kanten, ausgehärtet werden.

20 Um die Probleme, die mit der Verwendung von rein thermisch und rein mit aktinischer Strahlung härtbaren Beschichtungsstoffen einhergehen, zu lösen, sind bereits Beschichtungsstoffe, die thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbar sind, eingesetzt worden. Diese so genannten Dual-Cure-Beschichtungsstoffe haben den Vorteil, dass eine ungenügende  
25 thermische Härtung der betreffenden Beschichtungen auf einem thermolabilen Substrat durch eine Härtung mit aktinischer Strahlung kompensiert werden kann. Andererseits kann eine ungenügende Strahlenhärtung in Schattenbereichen von komplexen dreidimensionalen Substraten durch die thermische Härtung kompensiert werden.

30

Von Nachteil ist aber, dass jede einzelne applizierte Schicht sowohl thermisch als auch mit aktinischer Strahlung gehärtet werden muss. Dies führt zu einer unerwünschten Verlängerung der Prozesszeiten und zu einer Erhöhung des Energieaufwands. Außerdem werden mehrere  
5 hintereinander geschaltete Dual-Cure-Härtungsstationen benötigt, was das Verfahren auch apparativ sowie regel- und messtechnisch aufwändig macht. Nicht zuletzt besteht die Gefahr, dass wegen der verlängerten Prozesszeiten vermehrt Staub einfällt, was die Qualität der resultierenden farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen verringert.

10

Häufig wird daher bei der Herstellung von farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen nur ein Dual-Cure-Beschichtungsstoff angewandt, um spezielle Probleme, die mit einer einzelnen Lackschicht oder Lackierung verbunden sind, zu lösen. Dabei handelt es sich häufig  
15 um Dual-Cure-Klarlacke.

So ist beispielsweise aus der internationalen Patentanmeldung WO 98/40170 ein Dual-Cure-Klarlack für ein Nass-in-nass-Verfahren bekannt, bei dem man eine Schicht aus einem Basislack mit einem Klarlack  
20 überschichtet, wonach man die resultierende Klarlackschicht vor dem gemeinsamen Einbrennen mit aktinischer Strahlung bestrahlt. Der Klarlack enthält, bezogen auf seinen Festkörper, 50 bis 98 Gew.-% aus einem thermisch durch Additions- und/oder Kondensationsreaktionen härtbaren System A), das im wesentlichen frei von radikalisch polymerisierbaren  
25 Doppelbindungen und im wesentlichen frei von mit radikalisch polymerisierbaren Doppelbindungen des Systems B) anderweitig reaktionsfähigen Gruppen ist, und 2 bis 50 Gew.-% aus einem unter Einwirkung von aktinischer Strahlung durch radikalische Polymerisation olefinischer Doppelbindungen härtbaren System B).

30

Vorzugsweise enthält das System A) ein hydroxyfunktionelles Acrylatbindemittel einer Hydroxylzahl von 30 bis 300, bevorzugt 50 bis 250 mg KOH/g und einer zahlenmittleren Molmasse von 1.000 bis 10.000 Dalton und ein Vernetzungsmittel, bei dem es sich auch um ein  
5 Polyisocyanat handeln kann.

Das durch radikalische Polymerisation olefinischer Doppelbindungen härtbare System B) kann ein hexafunktionelles, aliphatisches Urethanacrylat eines theoretischen Molgewichts von 1.000 enthalten.

10

Aus der europäischen Patentanmeldung EP 0 928 800 A 1 sind Dual-Cure-Klarlacke bekannt, die Isocyanatoacrylate und hydroxyfunktionelle Copolymere enthalten, die im wesentlichen aus (Meth)Acrylaten, Hydroxyalkyl(meth)acrylaten und gegebenenfalls Styrol und/oder anderen  
15 Monomeren, wie z. B. Acrylnitril, hergestellt werden. Vergleichbare Dual-Cure-Klarlacke, geht zusätzlich noch hydroxylgruppen- und/oder thiolgruppenhaltige Reaktivverdünner enthalten, sind aus der internationalen Patentanmeldung WO 00/73395 bekannt.

20 Desweiteren sind aus der deutschen Patentanmeldung DE 199 20 799 A 1 oder der internationalen Patentanmeldung WO 00/68323 Dual-Cure-Klarlacke bekannt, die

(a1) mindestens einen Bestandteil, beispielsweise ein  
25 Urethan(meth)acrylat, mit

(a11) mindestens zwei funktionellen Gruppen, beispielsweise Acrylatgruppen, welche der Vernetzung mit aktinischer Strahlung dienen, und gegebenenfalls

30

(a12) mindestens einer funktionellen Gruppe, beispielsweise Hydroxylgruppen, welche mit einer komplementären funktionellen Gruppe (a22) im Bestandteil (a2) thermische Vernetzungsreaktionen eingehen können,

5

und

(a2) mindestens einen Bestandteil, beispielsweise ein Isocyanatoacrylat, mit

10

(a21) mindestens zwei funktionellen Gruppen, beispielsweise Acrylatgruppen, welche der Vernetzung mit aktinischer Strahlung dienen, und

15

(a22) mindestens einer funktionellen Gruppe, beispielsweise eine Isocyanatgruppe, welche mit einer komplementären funktionellen Gruppe (a12) im Bestandteil (a1) thermische Vernetzungsreaktionen eingehen kann,

20 sowie gegebenenfalls

(a3) mindestens einen Photoinitiator,

(a4) mindestens einen Initiator der thermischen Vernetzung,

25

(a5) mindestens einen mit aktinischer Strahlung und/oder thermisch härtbaren Reaktivverdünner,

(a6) mindestens ein Lackadditiv und/oder

30

(a7) mindestens einen thermisch härtbaren Bestandteil,

enthalten, mit der Maßgabe, daß der Beschichtungsstoff mindestens einen thermisch härtbaren Bestandteil (a7) enthält, wenn der Bestandteil (a1) keine funktionelle Gruppe (a12) aufweist.

5

Diese bekannten Dual-Cure-Klarlacke werden nass-in-nass auf Basislackschichten appliziert, wonach man die Klarlackschichten zunächst mit aktinischer Strahlung bestrahlt und sie anschließend gemeinsam mit den Basislackschichten thermisch zu härten. Durch dieses Verfahren  
10 werden aber die Probleme, die mit der Verwendung von thermisch härtbaren Beschichtungsstoffen bei der Herstellung von farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen in Automobilqualität verbunden sind, nicht in vollem Umfang gelöst.

15 Der Dual-Cure-Beschichtungsstoff der deutschen Patentanmeldung DE 199 20 799 A 1 oder der internationalen Patentanmeldung WO 00/68323 kann aber auch als Dual-Cure-Primer verwendet werden. Ein integriertes Verfahren, bei dem der Dual-Cure-Beschichtungsstoff sowohl als Dual-Cure-Primer und als Dual-Cure-Klarlack verwendet wird, wird in den  
20 beiden Patentanmeldungen nicht beschrieben.

Sollen die vorstehend erwähnten Anbauteile für Kraftfahrzeugkarosserien auf der Basis von faserverstärkten Kunststoffen, wie SMC, (Sheet Molded Compounds) BMC (Bulk Moulded Compounds), IMC (Injection Moulded  
25 Compounds) und RIMC (Reaction Injection Moulded Compounds), in Automobilqualität beschichtet werden, treten weitere Probleme auf.

Diese Anbauteile sind an und für sich von hoher Temperaturbeständigkeit und ertragen Temperaturen von 190 bis 200 °C. Dabei weisen sie nur eine  
30 geringe Deformation auf. Außerdem lassen sich die komplexen Anbauteile mit dieser Technologie leichter und mit größerer Genauigkeit herstellen als

mit verstärkten thermoplastischen Kunststoffen. Ein Nachteil ist jedoch, dass die Substrate an ihrer Oberfläche mikroporös sind und deshalb nicht direkt beschichtet werden können, weil es in der Beschichtung bei 70 bis 80 °C zur Bildung von Mikrobläschen (microbubbling, blistering) durch ausgasende Monomere, wie Styrol, kommt. Die Oberflächen müssen deshalb versiegelt werden, wofür der Dual-Cure-Primer der deutschen Patentanmeldung DE 199 20 799 A 1 oder der internationalen Patentanmeldung WO 00/68323 sehr gut geeignet ist. Indes wird er vor der Applikation weiterer Lackschichten vollständig Dual-Cure-gehärtet, sodass das Versiegelungsverfahren die Probleme, die mit der Verwendung von Dual-Cure-Beschichtungsstoffen bei der Herstellung von farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen mit Automobilqualität einhergehen, nicht vollständig zu lösen vermag.

In der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung DE 101 13 884.9 wird ein Verfahren zur Beschichtung mikroporöser Oberflächen, wie sie in den vorstehend aufgeführten Anbauteilen vorliegen, beschrieben. Die mikroporösen Oberflächen enthalten Poren einer Weite von 10 bis 1.500 nm.

20

Bei diesem Verfahren wird die betreffende Oberfläche mit mindestens einem thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbaren Beschichtungsstoff beschichtet, wonach man die resultierende(n) Schicht(en) thermisch und mit aktinischer Strahlung härtet, wobei der Beschichtungsstoff oder mindestens einer der Beschichtungsstoffe

25

(a1) mindestens einen Bestandteil mit

(a11) im statistischen Mittel mindestens zwei funktionellen Gruppen pro Molekül, die mindestens eine mit aktinischer

30

Strahlung aktivierbare Bindung enthalten, die der Vernetzung mit aktinischer Strahlung dient, und gegebenenfalls

(a12) mindestens einer isocyanatreaktiven Gruppe,

5

(a2) mindestens einen thermisch härtbaren Bestandteil mit mindestens zwei isocyanatreaktiven Gruppen

und

10

(a3) mindestens ein Polyisocyanat

enthält.

15 Bei dem beschriebenen Verfahren, können die mit dem Dual-Cure-Primer oder -Sealer beschichteten SMC und BMC nach der Trocknung und der Bestrahlung mit aktinischer Strahlung, vorzugsweise in nicht vollständig ausgehärtetem Zustand, sofort überlackiert werden.

20 Die Versiegelungen lassen sich mit allen üblichen und bekannten wäßrigen oder konventionellen, flüssigen oder festen wasserfreien und lösemittelfreien, physikalisch oder thermisch und/oder mit aktinischer Strahlung härtbaren Primern, Elektrotauchlacken, Füllern oder Steinschlagschutzgrundierungen, farb- und/oder effektgebenden  
25 Unidecklackierungen oder Basislackierungen sowie Klarlackierungen hervorragend überlackieren, wobei nicht expressis verbis angegeben wird, ob die Versiegelungen vollständig oder partiell Dual-Cure-gehärtet sind.

Aus dem Beispiel geht ein Verfahren hervor, bei dem der Dual-Cure-  
30 Primer oder -Sealer nach der Applikation abgelüftet und getrocknet und anschließend mit UV-Strahlung bestrahlt wird. Die resultierenden partiell

gehärteten, elektrisch leitfähigen Versiegelungen konnten sofort mit handelsüblichen Primern oder Elektrotauchlacken überlackiert werden. Hiernach erfolgte eine vollständige Aushärtung. Die Beschichtung der Versiegelungen mit Basislacken und Klarlacken wird nicht beschrieben.

5

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein neues, integriertes Verfahren zur Herstellung von farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen bereitzustellen, das die Nachteile der Verfahren des Standes der Technik nicht mehr länger aufweist, sondern rasch,  
10 zuverlässig, kostengünstig, energiesparend und mit vergleichsweise geringem apparativen sowie mess- und regeltechnischem Aufwand farb- und/oder effektgebende Mehrschichtlackierungen in Automobilqualität liefert. Insgesamt soll das neue, integrierte Verfahren in der Linie mit weniger Beschichtungsstationen auskommen, als herkömmliche  
15 Verfahren.

Insbesondere soll das neue, integrierte Verfahren die Nachteile vermeiden, die mit der Verwendung von thermisch härtbaren Beschichtungsstoffen verbunden sind, und auch die Beschichtung  
20 thermisch labiler Substrate gestatten.

Außerdem soll das neue, integrierte Verfahren nicht die Nachteile aufweisen, die mit der Verwendung von Beschichtungsstoffen verbunden sind, die nur mit aktinischer Strahlung gehärtet werden können. So sollen  
25 auch pigmentierte Beschichtungsstoffe rasch ausgehärtet werden können, und bei der Härtung von Klarlacken soll es nicht mehr zum Schrumpfen der resultierenden Klarlackierungen kommen. Nicht zuletzt soll das neue, integrierte Verfahren die Anzahl der zusätzlichen beweglichen Bestrahlungseinrichtungen, wie sie üblicherweise bei der Beschichtung  
30 komplexer dreidimensionaler Substrate angewandt werden müssen,

signifikant verringern, bzw. die beweglichen Bestrahlungseinrichtungen obsolet machen.

Des weiteren soll das neue, integrierte Verfahren auch die Nachteile  
5 vermeiden, die mit der Verwendung von Dual-Cure-Beschichtungsstoffen verbunden sind. Insbesondere soll es nicht mehr notwendig sein, mehrere hintereinander geschaltete Dual-Cure-Härtungsstationen zu verwenden. Die Prozesszeiten sollen verkürzt werden können, wodurch sich die Gefahr der Staubablagerung auf den partiell gehärteten, farb- und/oder  
10 effektgebenden Mehrschichtlackierungen deutlich verringert.

Nicht zuletzt soll das neue, integrierte Verfahren die Beschichtung von mikroporösen Oberflächen, wie sie bei SMC, BMC, IMC oder RIMC vorliegen, mit mikrobäschenfreien, farb- und/oder effektgebenden  
15 Mehrschichtlackierungen in Automobilqualität gestatten.

Demgemäß wurde das neue, integrierte Verfahren zur Herstellung von farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen, die

20 (A) mindestens einen Primer,

(B) mindestens eine farb- und/oder effektgebende Basislackierung und

(C) mindestens eine Klarlackierung

25

umfassen, gefunden, bei dem man

(I) mindestens einen thermisch und mit aktinischer Strahlung  
härtbaren, pigmentierten oder unpigmentierten Primer (A) auf ein  
30 Substrat appliziert, wodurch mindestens eine Primerschicht (A) resultiert,

- (II) die Primerschicht(en) (A) mit aktinischer Strahlung bestrahlt, wodurch mindestens eine partiell gehärtete Primerschicht (A), die noch thermisch gehärtet werden kann, resultiert,
- 5
- (III) mindestens einen thermisch härtbaren und/oder mindestens einen thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbaren, pigmentierten Beschichtungsstoff (B) auf die äußere Oberfläche der partiell gehärteten Primerschicht(en) (A) appliziert, wodurch mindestens
- 10 eine pigmentierte Schicht (B), die noch thermisch oder thermisch und mit aktinischer Strahlung gehärtet werden kann, resultiert,
- (IV) die thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbare(n) Schicht(en) (B) mit aktinischer Strahlung bestrahlt, wodurch mindestens eine
- 15 partiell gehärtete Schicht (B), die noch thermisch gehärtet werden kann, resultiert,
- (V) mindestens einen mit aktinischer Strahlung härtbaren und/oder mindestens einen thermisch und mit aktinischer Strahlung
- 20 härtbaren Klarlack (C) auf die äußere Oberfläche der Schicht(en) (B) appliziert, wodurch mindestens eine mit aktinischer Strahlung härtbare und/oder mindestens eine thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbare Klarlackschicht (C) resultiert oder resultieren,
- (VI) die mit aktinischer Strahlung und/oder thermisch und mit aktinischer
- 25 Strahlung härtbare(n) Klarlackschicht(en) (C) mit aktinischer Strahlung bestrahlt, wodurch mindestens eine mit aktinischer Strahlung gehärtete Klarlackierung (C) und/oder mindestens eine partiell gehärtete Klarlackschicht (C), die noch thermisch gehärtet
- 30 werden kann, resultiert oder resultieren, und

(VII) die Primerschicht(en) (A), die pigmentierten Schicht(en) (B) und die noch thermisch härtbare(n) Klarlackschicht(en) (C) gemeinsam thermisch härtet.

5 Im folgenden wird das neue, integrierte Verfahren zur Herstellung von farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen als »erfindungsgemäßes Verfahren« bezeichnet.

Im Hinblick auf den Stand der Technik war es überraschend und für den  
10 Fachmann nicht vorhersehbar, dass die Aufgabe, die der vorliegenden Erfindung zugrunde lag, mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens gelöst werden konnte.

So lieferte das erfindungsgemäße Verfahren überraschenderweise rasch,  
15 zuverlässig, kostengünstig, energiesparend und mit vergleichsweise geringem apparativen sowie mess- und regeltechnischem Aufwand farb- und/oder effektgebende Mehrschichtlackierungen in Automobilqualität, wobei das erfindungsgemäße Verfahren insgesamt mit weniger Beschichtungsstationen auskam, als die herkömmlichen Verfahren.

20

Überraschenderweise gestattete das erfindungsgemäße Verfahren auch die Beschichtung thermisch labiler Substrate.

Dabei konnten die eingesetzten Beschichtungsstoffe rasch ausgehärtet  
25 werden, und bei der Härtung von Klarlacken kam es nicht mehr zum Schrumpfen der resultierenden Klarlackierungen. Nicht zuletzt konnten bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Anzahl der zusätzlichen beweglichen Bestrahlungseinrichtungen, wie sie üblicherweise bei der Beschichtung komplexer dreidimensionaler Substrate angewandt werden  
30 müssen, überraschenderweise signifikant verringert werden, wobei in

vielen Fällen ganz auf die beweglichen Bestrahlungseinrichtungen verzichtet werden konnte.

Es war überraschenderweise nicht mehr notwendig, mehrere  
5 hintereinander geschaltete Dual-Cure-Härtungsstationen zu verwenden. Die Prozesszeiten konnten daher verkürzt werden können, wodurch sich die Gefahr der Staubablagerung auf den partiell gehärteten farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen deutlich verringerte.

10 Nicht zuletzt gestattete das neue, integrierte Verfahren überraschenderweise die Beschichtung von mikroporösen Oberflächen, wie sie bei SMC, BMC, IMC oder RIMC vorliegen, mit mikrobäschenfreien, farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen in Automobilqualität.

15

Das erfindungsgemäße Verfahren ist ein integriertes Verfahren. Dies bedeutet, dass die einzelnen Verfahrensschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens räumlich und zeitlich genau aufeinander abgestimmt sind, sodass es in der betrieblichen Praxis kontinuierlich in der Lackierlinie  
20 eines Automobilherstellers durchgeführt werden kann.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden Substrate beschichtet. Die Substrate können planar oder dreidimensional geformt sein und eine mikroporöse Oberfläche haben. Es ist ein wesentlicher Vorteil des  
25 erfindungsgemäßen Verfahrens, dass auch komplex geformte dreidimensional Substrate, die auch eine mikroporöse Oberfläche aufweisen können, erfolgreich beschichtet werden können.

Die Substrate können aus den unterschiedlichsten Materialien bestehen.  
30 Beispiele geeigneter Materialien sind Holz, Glas, Leder, Kunststoffe, Metalle, insbesondere reaktive Gebrauchsmetalle, wie Eisen, Stahl,

Edelstahl, Zink, Aluminium, Titan und ihre Legierungen untereinander und mit anderen Metallen; Mineralstoffe, insbesondere gebrannter und ungebrannter Ton, Keramik, Natur- und Kunststeine; Schaumstoffe; Fasermaterialien, insbesondere Glasfaser, Keramikfaser, Kohlenstofffaser, 5 Textilfaser, Brennstofffaser oder Metallfaser sowie Verbunde dieser Fasern; oder faserverstärkte Materialien, insbesondere Kunststoffe, die mit den vorstehend genannten Fasern verstärkt sind. Weitere Beispiele geeigneter Substrate sind aus den deutschen Patentanmeldungen DE 199 24 172 A 1, Seite 8, Zeilen 21 bis 37, oder DE 199 30 067 A 1, Seite 13, 10 Zeile 61, bis Seite 14, Zeile 16, bekannt.

Demgemäß ist das erfindungsgemäße Verfahren auf den unterschiedlichsten technologischen Gebieten mit Vorteil anwendbar. Vorzugsweise ist es für das Beschichten von Kraftfahrzeugkarosserien, 15 insbesondere Nutzfahrzeug- und PKW-Karosserien, sowie Teilen, insbesondere Anbauteilen, hiervon, Bauwerke im Innen- und Außenbereich sowie Teilen hiervon, Türen, Fenster, Möbeln und Glashohlkörpern sowie im Rahmen der industriellen Lackierungen für das Beschichten von Coils, Container, Emballagen, Kleinteilen, wie Muttern, 20 Schrauben, Felgen oder Radkappen; elektrotechnischen Bauteilen, wie Wickelgüter (Spulen, Statoren, Rotoren); und Bauteilen für weiße Ware, wie Radiatoren, Haushaltsgeräte, Kühlschrankverkleidungen oder Waschmaschinenverkleidungen; verwendbar. Die ganz besonderen Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigen sich bei der 25 Beschichtung von Kraftfahrzeugkarosserien und deren Anbauteilen, insbesondere Anbauteilen auf Basis von SMC, BMC, IMC und RIMC.

Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die eingesetzten Beschichtungsstoffe mit Hilfe üblicher und bekannter 30 Applikationsverfahren auf die Substrate aufgetragen. Das im Einzelfall angewandte Applikationsverfahren richtet sich insbesondere danach, ob

der Beschichtungsstoffe flüssig oder pulverförmig ist. Beispiele geeigneter Applikationsverfahren sind Elektrotauchlackieren, Wirbelbettbeschichten, Spritzen, Sprühen, Rakeln, Streichen, Gießen, Tauchen, Träufeln oder Walzen. Vorzugsweise werden Spritzapplikationsmethoden angewandt, es  
5 sei denn es handelt sich um Pulver.

Bei der Applikation empfiehlt es sich unter Ausschluss von aktinischer Strahlung zu arbeiten, um eine vorzeitige Vernetzung der Dual-Cure-Beschichtungsstoffe zu vermeiden.

10

Die Härtung der applizierten Beschichtungsstoffe erfolgt vorzugsweise nach einer gewissen Ruhezeit oder Ablüftzeit. Sie kann eine Dauer von 30 s bis 2 h, vorzugsweise 1 min bis 1 h und insbesondere 1 bis 45 min haben. Die Ruhezeit dient beispielsweise zum Verlauf und zur Entgasung  
15 der applizierten Beschichtungsstoffe und zum Verdunsten von flüchtigen Bestandteilen wie gegebenenfalls vorhandenem Lösemittel und/oder Wasser. Die Ablüftung kann durch eine erhöhte Temperatur, die zu einer Härtung noch nicht ausreicht, und/oder durch eine reduzierte Luftfeuchtigkeit beschleunigt werden.

20

Vorzugsweise wird bei der Härtung mit aktinischer Strahlung eine Strahlendosis von  $10^3$  bis  $4 \times 10^4$ , vorzugsweise  $2 \times 10^3$  bis  $3 \times 10^4$ , bevorzugt  $3 \times 10^3$  bis  $2,5 \times 10^4$  und insbesondere  $5 \times 10^3$  bis  $2 \times 10^4$   $\text{Jm}^{-2}$  eingesetzt. Dabei liegt die Strahlenintensität bei  $1 \times 10^0$  bis  $3 \times 10^5$ , vorzugsweise  $2 \times 10^0$   
25 bis  $2 \times 10^5$ , bevorzugt  $3 \times 10^0$  bis  $1,5 \times 10^5$  und insbesondere  $5 \times 10^0$  bis  $1,2 \times 10^5$   $\text{Wm}^{-2}$ .

Für die Härtung mit aktinischer Strahlung werden die üblichen und bekannten Strahlenquellen und optischen Hilfsmaßnahmen angewandt.  
30 Beispiele geeigneter Strahlenquellen sind Blitzlampen der Firma VISIT, Quecksilberhoch- oder -niederdruckdampflampen, welche gegebenenfalls

mit Blei dotiert sind, um ein Strahlenfenster bis zu 405 nm zu öffnen, oder Elektronenstrahlquellen. Deren Anordnung ist im Prinzip bekannt und kann den Gegebenheiten des Werkstücks und der Verfahrensparameter angepasst werden. Bei kompliziert geformten Werkstücken, wie sie für  
5 Automobilkarosserien vorgesehen sind, können die nicht direkter Strahlung zugänglichen Bereiche (Schattenbereiche), wie Hohlräume, Falzen und andere konstruktionsbedingte Hinterschneidungen, mit Punkt-, Kleinflächen- oder Rundumstrahlern, verbunden mit einer automatischen Bewegungseinrichtung für das Bestrahlen von Hohlräumen oder Kanten,  
10 ausgehärtet werden. Es ist ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens, dass auf diese beweglichen Bestrahlungsvorrichtungen weitgehend verzichtet werden kann.

Die Anlagen und Bedingungen dieser Härtungsmethoden werden  
15 beispielsweise in R. Holmes, U.V. and E.B. Curing Formulations for Printing Inks, Coatings and Paints, SITA Technology, Academic Press, London, United Kindom 1984, in der deutschen Patentanmeldung DE 198 18 735 A 1, Spalte 10, Zeile 31, bis Spalte 11, Zeile 16, in R. Stephen Davidson, »Exploring the Science, Technology and Applications of U.V.  
20 and E.B. Curing«, Sita Technology Ltd., London, 1999, oder in Dipl.-Ing. Peter Klamann, »eltosch System-Kompetenz, UV-Technik, Leitfaden für Anwender«, Seite 2, Oktober 1998, beschrieben. Besonders bevorzugt wird die Härtung mit aktinischer Strahlung unter einer sauerstoffabgereicherten Atmosphäre durchgeführt.

25

Die gemeinsame thermische Härtung der applizierten Beschichtungsstoffe erfolgt beispielsweise mit Hilfe eines gasförmigen, flüssigen und/oder festen, heißen Mediums, wie heiße Luft, erhitztes Öl oder erhitzte Walzen, oder von Mikrowellenstrahlung, Infrarotlicht und/oder nahem Infrarotlicht  
30 (NIR). Vorzugsweise erfolgt das Erhitzen in einem Umluftofen oder durch Bestrahlen mit IR- und/oder NIR-Lampen. Wie bei der Härtung mit

aktinischer Strahlung kann auch die thermische Härtung stufenweise erfolgen. Vorteilhafterweise erfolgt die thermische Härtung bei Temperaturen von Raumtemperatur bis 200°C.

- 5 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird mindestens ein, insbesondere ein, pigmentierter oder unpigmentierter Dual-Cure-Primer (A) auf die Oberfläche des Substrats appliziert, wodurch mindestens eine, insbesondere eine, Primerschicht (A) resultiert.
- 10 Die stofflicher Zusammensetzung des pigmentierten oder unpigmentierten Dual-Cure-Primers ist nicht kritisch, sondern es können die aus der internationalen Patentanmeldung WO 00/73395, Seite 4, Zeilen 4 bis 30, Seite 6, Zeile 13, bis Seite 27, Zeile 13, und Seite 34, Zeilen 11 bis 22, oder der internationalen Patentanmeldung WO 00/68323, Seite 3, Zeile 5,
- 15 bis Seite 4, Zeile 15, Seite 7, Zeile 29, bis Seite 28, Zeile 5, und Seite 34, Zeilen 5 bis 17, bekannten Dual-Cure-Beschichtungsstoffe angewandt werden.

Besonders bevorzugt wird ein Dual-Cure-Primer (A) verwendet, der

20

(a1) mindestens einen Bestandteil mit

(a11) im statistischen Mittel mindestens zwei funktionellen Gruppen pro Molekül, die mindestens eine mit aktinischer Strahlung aktivierbare Bindung enthalten, die der Vernetzung mit aktinischer Strahlung dient, und gegebenenfalls

25

(a12) mindestens einer isocyanatreaktiven Gruppe,

30 (a2) mindestens einen thermisch härtbaren Bestandteil mit mindestens zwei isocyanatreaktiven Gruppen

und

(a3) mindestens ein Polyisocyanat

5

enthält.

Der besonders bevorzugte Dual-Cure-Primer (A) enthält mindestens einen Bestandteil (a1) mit im statistischen Mittel mindestens zwei, insbesondere  
10 mindestens drei, funktionellen Gruppen (a11) pro Molekül, die mindestens eine, insbesondere eine, mit aktinischer Strahlung aktivierbare Bindung enthalten, die der Vernetzung mit aktinischer Strahlung dient, und gegebenenfalls mindestens einer, insbesondere mindestens zwei, isocyanatreaktiven Gruppe(n) (a12).

15

Bevorzugt enthält der Dual-Cure-Primer (A) im statistischen Mittel nicht mehr als sechs, insbesondere nicht mehr als fünf funktionelle Gruppen (a11) pro Molekül.

20 Beispiele geeigneter mit aktinischer Strahlung aktivierbarer Bindungen sind Kohlenstoff-Wasserstoff-Einzelbindungen oder Kohlenstoff-Kohlenstoff-, Kohlenstoff-Sauerstoff-, Kohlenstoff-Stickstoff-, Kohlenstoff-Phosphor- oder Kohlenstoff-Silizium-Einzelbindungen oder –  
Doppelbindungen. Von diesen werden die Doppelbindungen,  
25 insbesondere die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen, bevorzugt angewandt.

Gut geeignete Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen liegen beispielsweise in (Meth)Acrylat-, Ethacrylat-, Crotonat-, Cinnamat-,  
30 Vinylether-, Vinylester-, Ethenylarylen-, Dicyclopentadienyl-, Norbornenyl-, Isoprenyl-, Isoprenyl-, Isopropenyl-, Allyl- oder Butenylgruppen;

Ethenylarylen-, Dicyclopentadienyl-, Norbornenyl-, Isoprenyl-, Isopropenyl-, Allyl- oder Butenylethergruppen oder Ethenylarylen-, Dicyclopentadienyl-, Norbornenyl-, Isoprenyl-, Isopropenyl-, Allyl- oder Butenylestergruppen vor. Von diesen sind (Meth)Acrylatgruppen, insbesondere Acrylatgruppen, von besonderem Vorteil und werden deshalb erfindungsgemäß ganz besonders bevorzugt verwendet.

Beispiele geeigneter isocyanatreaktiver Gruppen (a12) sind Thiol-, primäre oder sekundäre Amino-, Imino- oder Hydroxylgruppen, insbesondere Hydroxylgruppen.

Der Bestandteil (a1) ist oligomer oder polymer.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter einem Oligomer eine Verbindung verstanden, welche im allgemeinen im Mittel 2 bis 15 Grundstrukturen oder Monomereinheiten aufweist. Unter einem Polymeren wird dagegen eine Verbindung verstanden, welche im allgemeinen im Mittel mindestens 10 Grundstrukturen oder Monomereinheiten aufweist. Verbindungen dieser Art werden von der Fachwelt auch als Bindemittel oder Harze bezeichnet.

Im Unterschied dazu ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung unter einer niedermolekularen Verbindung, eine Verbindung zu verstehen, welche sich im wesentlichen nur von einer Grundstruktur oder einer Monomereinheit ableitet. Verbindungen dieser Art werden von der Fachwelt im allgemeinen auch als Reaktivverdünner bezeichnet.

Die als Bindemittel (a1) eingesetzten Polymere bzw. Oligomere weisen üblicherweise ein zahlenmittleres Molekulargewicht von 500 bis 50.000, bevorzugt von 1.000 bis 5.000, auf. Bevorzugt weisen sie ein Doppelbindungsäquivalentgewicht von 400 bis 2.000, besonders

bevorzugt von 500 bis 900, auf. Außerdem weisen sie bei 23 °C bevorzugt eine Viskosität von 250 bis 11.000 mPas auf. Vorzugsweise werden sie in einer Menge von 5 bis 50 Gew.-%, bevorzugt 6 bis 45 Gew.-% besonders bevorzugt 7 bis 40 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt 8 bis 35 Gew.-%  
5 und insbesondere 9 bis 30 Gew.-%, jeweils bezogen auf den Festkörper des erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffs angewandt.

Beispiele geeigneter Bindemittel oder Harze (a1) entstammen den Oligomer- und/oder Polymerklassen der (meth)acrylfunktionellen  
10 (Meth)Acrylcopolymeren, Polyetheracrylaten, Polyesteracrylaten, Polyestern, Epoxyacrylaten, Urethanacrylaten, Aminoacrylaten, Melaminacrylaten, Silikonacrylaten und Phosphazenenacrylaten und den entsprechenden Methacrylaten. Bevorzugt werden Bindemittel (a1) eingesetzt, die frei von aromatischen Struktureinheiten sind. Bevorzugt  
15 werden daher Urethan(meth)acrylate, Phosphazenen(meth)acrylate und/oder Polyester(meth)acrylate, besonders bevorzugt Urethan(meth)acrylate, insbesondere aliphatische Urethan(meth)acrylate, eingesetzt.

20 Die Urethan(meth)acrylate (a1) werden erhalten durch Umsetzung eines Di- oder Polyisocyanats mit einem Kettenverlängerungsmittel aus der Gruppe der Diole/Polyole und/oder Diamine/Polyamine und/oder Dithiole/Polythiole und/oder Alkanolamine und anschließende Umsetzung der restlichen -freien Isocyanatgruppen mit mindestens einem  
25 Hydroxyalkyl(meth)acrylat oder Hydroxyalkylester anderer ethylenisch ungesättigter Carbonsäuren.

Die Mengen an Kettenverlängerungsmitteln, Di- bzw. Polyisocyanaten und Hydroxyalkylestern werden dabei bevorzugt so gewählt, daß

1.) das Äquivalentverhältnis der NCO-Gruppen zu den reaktiven Gruppen des Kettenverlängerungsmittels (Hydroxyl-, Amino- bzw. Mercaptylgruppen) zwischen 3 : 1 und 1 : 2, bevorzugt bei 2 : 1, liegt und

5

2.) die OH-Gruppen der Hydroxyalkylester der ethylenisch ungesättigten Carbonsäuren in stöchiometrischer Menge in bezug auf die noch freien Isocyanatgruppen des Präpolymeren aus Isocyanat und Kettenverlängerungsmittel vorliegen.

10

Außerdem ist es möglich, die Urethan(meth)acrylate herzustellen, indem zunächst ein Teil der Isocyanatgruppen eines Di- oder Polyisocyanates mit mindestens einem Hydroxyalkylester umgesetzt wird, und die restlichen Isocyanatgruppen anschließend mit einem Kettenverlängerungsmittel umgesetzt werden. Auch in diesem Fall werden die Mengen an Kettenverlängerungsmittel, Isocyanat und Hydroxyalkylester so gewählt, daß das Äquivalentverhältnis der NCO-Gruppen zu den reaktiven Gruppen des Kettenverlängerungsmittels zwischen 3 : 1 und 1 : 2, bevorzugt bei 2 : 1 liegt und das Äquivalentverhältnis der restlichen NCO-Gruppen zu den OH-Gruppen des Hydroxyalkylesters 1 : 1 beträgt. Selbstverständlich sind auch sämtliche Zwischenformen dieser beiden Verfahren möglich. Beispielsweise kann ein Teil der Isocyanatgruppen eines Diisocyanates zunächst mit einem Diol umgesetzt werden, anschließend kann ein weiterer Teil der Isocyanatgruppen mit dem Hydroxyalkylester und im Anschluß hieran können die restlichen Isocyanatgruppen mit einem Diamin umgesetzt werden.

Eine Flexibilisierung der Urethan(meth)acrylate (a1) ist beispielsweise dadurch möglich, daß entsprechende isocyanat-funktionelle Präpolymere bzw. Oligomere mit längerkettigen, aliphatischen Diolen und/oder Diaminen, insbesondere aliphatischen Diolen und/oder Diaminen mit

mindestens 6 C-Atomen umgesetzt werden. Diese Flexibilisierungsreaktion kann dabei vor oder nach der Addition von Acryl- bzw. Methacrylsäure an die Oligomere bzw. Präpolymere durchgeführt werden.

5 Als Beispiele für geeignete Urethan(meth)acrylate (a1) seien auch die folgenden, im Handel erhältlichen polyfunktionellen aliphatischen Urethanacrylate genannt:

- Crodamer® UVU 300 der Firma Croda Resins Ltd., Kent,  
10 Großbritanniens;
- Genomer® 4302, 4235, 4297 oder 4316 der Firma Rahn Chemie, Schweiz;
- Ebecryl® 284, 294, IRR 351, 5129 oder 1290 der Firma UCB, Drogenbos, Belgien;
- 15 - Roskydal® LS 2989 oder LS 2545 oder V94-504 der Firma Bayer AG, Deutschland;
- Viaktin® VTE 6160 der Firma Vianova, Österreich; oder
- Laromer® 8861 der Firma BASF AG sowie davon abgewandelte Versuchsprodukte.

20

Hydroxylgruppenhaltige Urethan(meth)acrylate (a1) sind beispielsweise aus den Patentschriften US 4,634,602 A oder US 4,424,252 A bekannt.

Ein Beispiel für ein geeignetes Polyphosphazen(meth)acrylat (a1) ist das  
25 Phosphazendimethacrylat der Firma Idemitsu, Japan.

Desweiteren enthält der Dual-Cure-Primer (A) mindestens einen thermisch härtbaren Bestandteil (a2) mit mindestens zwei, insbesondere mindestens drei, isocyanatsreaktiven Gruppen. Beispiele geeigneter  
30 isocyanatreaktiver Gruppen sind die vorstehend beschriebenen.

Der Bestandteil (a2) ist oligomer oder polymer.

Beispiele geeigneter Bestandteile (a2) sind lineare und/oder verzweigte und/oder blockartig, kammartig und/oder statistisch aufgebaute Oligomere  
5 oder Polymere, wie (Meth)Acrylat(co)polymerisate, Polyester, Alkyde, Aminoplastharze, Polyurethane, Polylactone, Polycarbonate, Polyether, Epoxidharz-Amin-Addukte, (Meth)Acrylatdiole, partiell verseifte Polyvinylester oder Polyharnstoffe, von denen die (Meth)Acrylatcopolymerisate, die Polyester, die Polyurethane, die  
10 Polyether und die Epoxidharz-Amin-Addukte, insbesondere aber die Polyester, vorteilhaft sind.

Geeignete Bindemittel (a2) werden beispielsweise unter den Handelsnamen Desmophen® 650, 2089, 1100, 670, 1200 oder 2017 von  
15 der Firma Bayer, unter den Handelsnamen Priplas oder Pripol® von der Firma Uniqema, unter den Handelsnamen Chempol® Polyester oder Polyacrylat-Polyol von der Firma CCP, unter den Handelsnamen Crodapol® 0-25, 0-85 oder 0-86 von der Firma Croda oder unter dem Handelsnamen Formrez® ER417 von der Firma Witco vertrieben.

20

Der Anteil der Bestandteile (a2) an den Beschichtungsstoffen kann breit variieren und richtet sich nach den Erfordernissen des Einzelfalls. Vorzugsweise werden sie in einer Menge von 5 bis 90 Gew.-%, bevorzugt 6 bis 80 Gew.-% besonders bevorzugt 7 bis 70 Gew.-% ganz besonders  
25 bevorzugt 8 bis 60 Gew.-% und insbesondere 9 bis 50 Gew.-%, jeweils bezogen auf den Festkörper des Beschichtungsstoffs, angewandt.

Der Beschichtungsstoff enthält desweiteren mindestens ein Polyisocyanat (a3).

30

- Vorzugsweise werden die Polyisocyanate (a3) aus der Gruppe, bestehend aus Polyisocyanaten die im statistischen Mittel mindestens 2,0 bis 10, vorzugsweise 2,1 bis 6 blockierte und/oder unblockierte Isocyanatgruppen im Molekül enthalten ausgewählt. Bevorzugt werden die Polyisocyanate
- 5 aus der Gruppe, bestehend aus Polyisocyanaten, die im statistischen Mittel mindestens eine Isocyanurat-, Biuret-, Allophanat-, Iminooxadiazindion-, Urethan-, Harnstoff-, Carbodiimid- und/oder Uretdiongruppe im Molekül enthalten, ausgewählt.
- 10 Beispiele geeigneter Polyisocyanate (a3) sind aus der deutschen Patentanmeldung DE 199 24 170 A 1, Spalte 3, Zeile 61, bis Spalte 6, Zeile 14, und Spalte 10, Zeile 60, bis Spalte 11, Zeile 38, oder den Schriften CA 2,163,591 A, US 4,419,513 A, US 4,454,317 A, EP 0 646 608 A 1, US 4,801,675 A, EP 0 183 976 A 1, DE 40 15 155 A 1, EP 0 303
- 15 150 A 1, EP 0 496 208 A 1, EP 0 524 500 A 1, EP 0 566 037 A 1, US 5,258,482 A 1, US 5,290,902 A 1, EP 0 649 806 A 1, DE 42 29 183 A 1 oder EP 0 531 820 A 1 bekannt oder sie werden in der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung DE 100 05 228.2 beschrieben. Außerdem kommen die hochviskosen Polyisocyanate, wie
- 20 sie in der deutschen Patentanmeldung DE 198 28 935 A 1 beschrieben werden, die an ihrer Oberfläche durch Harnstoffbildung und/oder Blockierung deaktivierten Polyisocyanatpartikel gemäß den europäischen Patentanmeldungen EP 0 922 720 A 1, EP 1 013 690 A 1 und EP 1 029 879 A 1 oder Nonyltriisocyanat (NTI) in Betracht. Desweiteren kommen die
- 25 in der deutschen Patentanmeldung DE 196 09 617 A 1 beschriebenen Addukte von Polyisocyanaten mit isocyanatreaktiven funktionellen Gruppen enthaltenden Dioxanen, Dioxolanen und Oxazolidinen, die noch freie Isocyanatgruppen enthalten, sowie die Isocyanatoacrylate der europäischen Patentanmeldung EP 0 928 800 A 1 als Polyisocyanate (a3)
- 30 in Betracht.

Die Polyisocyanate (a3) können partiell oder vollständig blockiert sein. Beispiele geeigneter Blockierungsmittel für die Blockierung der freien Isocyanatgruppen in den Polyisocyanaten (a3) sind aus der deutschen Patentanmeldung DE 199 24 170 A 1, Spalte 6, Zeilen 19 bis 53, bekannt.

5

Der Gehalt des Dual-Cure-Primers (A) an Polyisocyanaten (a3) kann sehr breit variieren und richtet sich nach den Erfordernissen des Einzelfalls, insbesondere nach dem Gehalt der Bestandteile (a2) und gegebenenfalls (a1) an isocyanatreaktiven Gruppen. Vorzugsweise liegt der Gehalt bei 5  
10 bis 50 Gew.-%, bevorzugt 6 bis 45 Gew.-%, besonders bevorzugt 7 bis 40 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt 8 bis 35 Gew.-% und insbesondere 9 bis 30 Gew.-%, jeweils bezogen auf den Festkörper des Dual-Cure-Primers (A).

15 Der Dual-Cure-Primer (A) kann darüber hinaus noch mindestens ein Pigment und/oder einen Füllstoff enthalten. Dabei kann es sich um farb- und/oder effektgebende, fluoreszierende, elektrisch leitfähige, magnetisch abschirmende und/oder vor Korrosion schützende Pigmente, Metallpulver, kratzfest machende Pigmente, organische Farbstoffe, organische und  
20 anorganische, transparente oder opake Füllstoffe und/oder Nanopartikel handeln.

Wird der Beschichtungsstoff zur Herstellung von elektrisch leitfähigen Primern (A) verwendet, enthält er vorzugsweise mindestens ein elektrisch  
25 leitfähiges Pigment und/oder mindestens einen elektrisch leitfähigen Füllstoff.

Beispiele geeigneter Effektpigmente sind Metallplättchenpigmente wie handelsübliche Aluminiumbronzen, gemäß DE 36 36 183 A 1 chromatierte  
30 Aluminiumbronzen, und handelsübliche Edelstahlbronzen sowie nichtmetallische Effektpigmente, wie zum Beispiel Perlglanz- bzw.

Interferenzpigmente, plättchenförmige Effektpigmente auf der Basis von Eisenoxid, das einen Farbton von Rosa bis Braunrot aufweist oder flüssigkristalline Effektpigmente. Ergänzend wird auf Römpf Lexikon Lacke und Druckfarben, Georg Thieme Verlag, 1998, Seiten 176, 5 »Effektpigmente« und Seiten 380 und 381 »Metalloxid-Glimmer-Pigmente« bis »Metallpigmente«, und die Patentanmeldungen und Patente DE 36 36 156 A 1, DE 37 18 446 A 1, DE 37 19 804 A 1, DE 39 30 601 A 1, EP 0 068 311 A 1, EP 0 264 843 A 1, EP 0 265 820 A 1, EP 0 283 852 A 1, EP 0 293 746 A 1, EP 0 417 567 A 1, US 4,828,826 A oder 10 US 5,244,649 A verwiesen.

Beispiele für geeignete anorganische farbgebende Pigmente sind Weißpigmente wie Titandioxid, Zinkweiß, Zinksulfid oder Lithopone; Schwarzpigmente wie Ruß, Eisen-Mangan-Schwarz oder Spinellschwarz; 15 Buntpigmente wie Chromoxid, Chromoxidhydratgrün, Kobaltgrün oder Ultramarin grün, Kobaltblau, Ultramarinblau oder Manganblau, Ultramarinviolett oder Kobalt- und Manganviolett, Eisenoxidrot, Cadmiumsulfoselenid, Molybdatrot oder Ultramarinrot; Eisenoxidbraun, Mischbraun, Spinell- und Korundphasen oder Chromorange; oder 20 Eisenoxidgelb, Nickeltitangelb, Chromtitangelb, Cadmiumsulfid, Cadmiumzinksulfid, Chromgelb oder Bismutvanadat.

Beispiele für geeignete organische farbgebende Pigmente sind Monoazopigmente, Bisazopigmente, Anthrachinonpigmente, 25 Benzimidazolpigmente, Chinacridonpigmente, Chinophthalonpigmente, Diketopyrrolopyrrolpigmente, Dioxazinpigmente, Indanthronpigmente, Isoindolinpigmente, Isoindolinonpigmente, Azomethinpigmente, Thioindigopigmente, Metallkomplexpigmente, Perinonpigmente, Perylenpigmente, Phthalocyaninpigmente oder Anilinschwarz.

Ergänzend wird auf Römpf Lexikon Lacke und Druckfarben, Georg Thieme Verlag, 1998, Seiten 180 und 181, »Eisenblau-Pigmente« bis »Eisenoxidschwarz«, Seiten 451 bis 453 »Pigmente« bis »Pigmentvolumenkonzentration«, Seite 563 »Thioindigo-Pigmente«, Seite 567 »Titandioxid-Pigmente«, Seiten 400 und 467, »Natürlich vorkommende Pigmente«, Seite 459 »Polycyclische Pigmente«, Seite 52, »Azomethin-Pigmente«, »Azopigmente«, und Seite 379, »Metallkomplex-Pigmente«, verwiesen.

10 Beispiele für fluoreszierende Pigmente (Tagesleuchtpigmente) sind Bis(azomethin)-Pigmente.

Beispiele für geeignete elektrisch leitfähige Pigmente sind Titandioxid/Zinnoxid-Pigmente.

15

Beispiele für magnetisch abschirmende Pigmente sind Pigmente auf der Basis von Eisenoxiden oder Chromdioxid.

Beispiele für geeignete Metallpulver sind Pulver aus Metallen und  
20 Metallegierungen wie Aluminium, Zink, Kupfer, Bronze oder Messing.

Geeignete lösliche organische Farbstoffe sind lichtechte organische Farbstoffe mit einer geringen oder nicht vorhandenen Neigung zur Migration aus dem neuen wäßrigen Mehrkomponentenbeschichtungstoff  
25 und den hieraus hergestellten Beschichtungen. Die Migrationsneigung kann der Fachmann anhand seines allgemeinen Fachwissens abschätzen und/oder mit Hilfe einfacher orientierender Vorversuche beispielsweise im Rahmen von Tönversuchen ermitteln.

30 Beispiele geeigneter organischer und anorganischer Füllstoffe sind Kreide, Calciumsulfate, Bariumsulfat, Silikate wie Talkum, Glimmer oder Kaolin,

Kieselsäuren, Oxide wie Aluminiumhydroxid oder Magnesiumhydroxid oder organische Füllstoffe wie Kunststoffpulver, insbesondere aus Polyamid oder Polyacrylnitril. Ergänzend wird auf Römpp Lexikon Lacke und Druckfarben, Georg Thieme Verlag, 1998, Seiten 250 ff., »Füllstoffe«,  
5 verwiesen.

Beispiele geeigneter transparenter Füllstoffe sind solche auf der Basis von Siliziumdioxid, Aluminiumoxid oder Zirkoniumoxid, insbesondere aber Nanopartikel auf dieser Basis.

10

Der Gehalt des Dual-Cure-Primers (A) an den vorstehend beschriebenen Pigmenten und/oder Füllstoffen kann sehr breit variieren und richtet sich nach den Erfordernissen des Einzelfalls. Vorzugsweise liegt er, bezogen auf den Festkörper des Beschichtungsstoffs, bei 5 bis 50, bevorzugt 5 bis  
15 45, besonders bevorzugt 5 bis 40, ganz besonders bevorzugt 5 bis 35 und insbesondere 5 bis 30 Gew.-%.

Desweiteren kann der Dual-Cure-Primer (A) mindestens einen Tackifier enthalten. Als Tackifier werden polymere Zusatzstoffe für Klebstoffe  
20 bezeichnet, die deren Tack, d.h. ihre Eigenklebrigkeit oder Selbsthaftung, erhöhen, so daß sie nach kurzem leichten Andruck fest auf Oberflächen haften (vgl. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, CD-ROM, Wiley VCH, Weinheim, 1997, »Tackifier«).

25 Beispiele geeigneter Tackifier sind hochflexible Harze, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus

- Homopolymerisaten von Alkyl(meth)acrylaten, insbesondere Alkylacrylaten, wie Poly(isobutylacrylat) oder Poly(2-ethylhexyl-  
30 acrylat), die unter der Marke Acronal® von der Firma BASF Aktiengesellschaft, unter der Marke Elvacite® von der Firma

Dupont, unter der Marke Neocryl® von der Firma Avecia und Plexigum® von der Firma Roehm vertrieben werden;

- 5 - linearen Polyestern, wie sie in üblicher Weise für das Coil Coating verwendet und beispielsweise unter der Marke Dynapol® von der Firma Dynamit Nobel, unter der Marke Skybond® von der Firma SK Chemicals, Japan, oder unter der Handelsbezeichnung LTW von der Firma Hüls vertrieben werden;
- 10 - linearen difunktionellen, mit aktinischer Strahlung härtbaren Oligomeren eines zahlenmittleren Molekulargewichts von mehr als 2.000, insbesondere 3.000 bis 4.000, auf der Basis von Polycarbonatdiol oder Polyesterdiol, die unter der Bezeichnung CN 970 von der Firma Craynor oder der Marke Ebecryl® von der Firma  
15 UCB vertrieben werden;
- linearen Vinyletherhomo- und -copolymerisaten auf der Basis von Ethyl-, Propyl-, Isobutyl-, Butyl- und/oder 2-Ethylhexylvinylether, die unter der Marke Lutonal® von der Firma BASF Aktiengesellschaft  
20 vertrieben werden; und
- nichtreaktiven Urethan-Harnstoff-Oligomeren, die aus Bis(4,4-isocyanatophenyl) methan, N,N-Dimethylethanolamin und Diolen wie Propandiol, Hexandiol oder Dimethylpentandiol hergestellt  
25 werden und z.B. von der Firma Swift Reichold unter der Marke Swift Range® oder der Firma Mictchem Chemicals unter den Marken Surkopak® oder Surkofilm® vertrieben werden.

Vorzugsweise werden die Tackifier in einer Menge von 0,1 bis 10 Gew.-%, 30 bevorzugt 0,2 bis 9 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,3 bis 8 Gew.-% ganz

besonders bevorzugt 0,4 bis 7 Gew.-% und insbesondere 0,56 Gew.-%, jeweils bezogen auf den Festkörper des erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffs, eingesetzt.

- 5 Darüber hinaus kann der Dual-Cure-Primer (A) mindestens einen Photoinitiator enthalten. Wenn der Beschichtungsstoff mit UV-Strahlung vernetzt werden soll, ist die Verwendung eines Photoinitiators im allgemeinen notwendig. Sofern sie mitverwendet werden, sind sie in dem Dual-Cure-Primer (A) vorzugsweise in Anteilen von 0,1 bis 10 Gew.-%, 10 bevorzugt 0,2 bis 8 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,3 bis 7 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt 0,4 bis 6 Gew.-% und insbesondere 0,5 bis 5 Gew.-%, jeweils bezogen auf den Festkörper des Dual-Cure-Primer (A), enthalten.
- 15 Beispiele geeigneter Photoinitiatoren sind solche vom Norrish II-Typ, deren Wirkungsmechanismus auf einer intramolekularen Variante der Wasserstoff-Abstraktionsreaktionen beruht, wie sie in vielfältiger Weise bei photochemischen Reaktionen auftreten (beispielhaft sei hier auf Römpp Chemie Lexikon, 9. erweiterte und neubearbeitete Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart, Bd. 4, 1991, verwiesen) oder kationische Photoinitiatoren 20 (beispielhaft sei hier auf Römpp Lexikon Lacke und Druckfarben, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1998, Seiten 444 bis 446, verwiesen), insbesondere Benzophenone, Benzoine oder Benzoinether oder Phosphinoxide. Es können auch beispielsweise die im Handel unter den 25 Namen Irgacure® 184, Irgacure® 1800 und Irgacure® 500 der Firma Ciba Geigy, Grenocure® MBF der Firma Rahn und Lucirin® TPO der Firma BASF AG erhältlichen Produkte eingesetzt werden.

Neben den Photoinitiatoren können übliche Sensibilisatoren wie 30 Anthracen in wirksamen Mengen verwendet werden.

Des weiteren kann der Dual-Cure-Primer (A) mindestens einen Zusatzstoff, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus thermisch härtbaren Reaktivverdünnern; von den Polyisocyanaten (a3) verschiedenen Vernetzungsmitteln; Lichtschutzmitteln, wie UV-Absorber  
5 und reversible Radikalfänger (HALS); Antioxidantien; niedrig- und hochsiedenden ("lange") organischen Lösemitteln; Entlüftungsmitteln; Netzmitteln; Emulgatoren; Slipadditiven; Polymerisationsinhibitoren; Katalysatoren für die thermische Vernetzung; thermolabilen radikalischen Initiatoren; Haftvermittlern; Verlaufmitteln; filmbildenden Hilfsmitteln;  
10 Rheologiehilfsmitteln; Flammenschutzmitteln; Korrosionsinhibitoren; Rieselhilfen; Wachsen; Sikkativen; Bioziden und Mattierungsmitteln, enthalten.

Beispiele geeigneter Zusatzstoffe werden im Detail in dem Lehrbuch  
15 »Lackadditive« von Johan Bieleman, Wiley-VCH, Weinheim, New York, 1998, in D. Stoye und W. Freitag (Editors), »Paints, Coatings and Solvents«, Second, Completely Revised Edition, Wiley-VCH, Weinheim, New York, 1998, »14.9. Solvent Groups«, Seiten 327 bis 373, in der deutschen Patentanmeldung DE 199 14 896 A 1, Spalte 14, Seite 26, bis  
20 Spalte 15, Zeile 46, oder in der deutschen Patentanmeldung DE 199 08 018 A 1, Seite 9, Zeile 31, bis Seite 8, Zeile 30, im Detail beschrieben. Ergänzend wird noch auf die deutschen Patentanmeldungen DE 199 04 317 A 1 und DE 198 55 125 A 1 verwiesen.

25 Besondere Vorteile resultieren, wenn in dem Dual-Cure-Primer (A) das Verhältnis von Isocyanatgruppen zur Summe der isocyanatreaktiven funktionellen Gruppen  $< 1,3$ , vorzugsweise von 0,5 bis 1,25, bevorzugt 0,75 bis 1,1, besonders bevorzugt  $< 1$  und insbesondere von 0,75 bis 1 ist.

30 Weitere besondere Vorteile resultieren, wenn der thermisch härtbare Bestandteil (a2) eine Uneinheitlichkeit des Molekulargewichts

(massenmittleres Molekulargewicht  $M_n$ /zahlenmittleres Molekulargewicht  $M_n$ ) von  $< 4$ , vorzugsweise  $< 3,5$ , besonders bevorzugt von  $1,5$  bis  $3,5$  und insbesondere von  $1,5$  bis  $3$  hat.

- 5 Darüber hinaus ergeben sich noch besondere Vorteile, wenn in dem Dual-Cure-Primer (A) das Verhältnis von Festkörpergehalt an mit aktinischer Strahlung härtbaren Bestandteilen (UV) zu Festkörpergehalt an thermisch härtbaren Bestandteilen (TH) bei  $(UV)/(TH) = 0,2$  bis  $0,6$ , vorzugsweise  $0,25$  bis  $0,5$  und insbesondere  $0,3$  bis  $0,45$ .

10

Nicht zuletzt ergeben sich besondere Vorteile, wenn der thermisch härtbare Bestandteil (a2), bezogen auf seine Gesamtmenge, einen Gehalt an aromatischen Struktureinheiten  $< 5$ , bevorzugt  $< 2$  und insbesondere  $0$  bis  $< 2$  Gew.% aufweist.

15

- Der vorstehend beschriebene Dual-Cure-Primer (A) wird durch Vermischen und Homogenisieren der vorstehend beschriebenen Bestandteile mit Hilfe üblicher und bekannter Mischverfahren und Vorrichtungen, wie Rührkessel, Rührwerksmühlen, Extruder, Knetter,  
20 Ultraturrax, In-line-Dissolver, statische Mischer, Mikromischer, Zahnkranzdispergatoren, Druckentspannungsdüsen und/oder Microfluidizer vorzugsweise unter Ausschluss von aktinischer Strahlung, hergestellt.

- 25 Nach ihrer Applikation wird die Dual-Cure-Primerschicht (A) mit aktinischer Strahlung bestrahlt, wodurch eine partiell gehärtete Primerschicht (A), die noch thermisch gehärtet werden kann, resultiert.

- Auf die partiell gehärtete Dual-Cure-Primerschicht (A) wird oder werden  
30 mindestens ein, insbesondere ein, thermisch härtbarer und/oder mindestens ein, insbesondere ein, thermisch und mit aktinischer Strahlung

härtpfaher Beschichtungsstoff (B) appliziert. Hierdurch resultiert mindestens eine pigmentierte Schicht (B), die noch thermisch oder thermisch und mit aktinischer Strahlung gehärtet werden kann.

- 5 Vorzugsweise wird ein thermisch härtpfaher oder ein thermisch und mit aktinischer Strahlung härtpfaher Beschichtungsstoff (B) eingesetzt.

Als Dual-Cure Beschichtungsstoffe (B) können die vorstehend beschriebenen pigmentierten Dual-Cure-Primer (A) verwendet werden.

10

- Als thermisch härtpbare Beschichtungsstoffe (B) können übliche und bekannter Basislacken, insbesondere Wasserbasislacke, wie sie aus den Schriften Patentanmeldungen EP 0 089 497 A 1, EP 0 256 540 A 1, EP 0 260 447 A 1, EP 0 297 576 A 1, WO 96/12747, EP 0 523 610 A 1, EP 0 228 003 A 1, EP 0 397 806 A 1, EP 0 574 417 A 1, EP 0 531 510 A 1, EP 15 0 581 211 A 1, EP 0 708 788 A 1, EP 0 593 454 A 1, DE-A-43 28 092 A 1, EP 0 299 148 A 1, EP 0 394 737 A 1, EP 0 590 484 A 1, EP 0 234 362 A 1, EP 0 234 361 A 1, EP 0 543 817 A 1, WO 95/14721, EP 0 521 928 A 1, EP 0 522 420 A 1, EP 0 522 419 A 1, EP 0 649 865 A 1, EP 0 536 712 A 20 1, EP 0 596 460 A 1, EP 0 596 461 A 1, EP 0 584 818 A 1, EP 0 669 356 A 1, EP 0 634 431 A 1, EP 0 678 536 A 1, EP 0 354 261 A 1, EP 0 424 705 A 1, WO 97/49745, WO 97/49747, EP 0 401 565 A 1, EP 0 496 205 A 1, EP 0 358 979 A 1, EP 469 389 A 1, DE 24 46 442 A 1, DE 34 09 080 A 1, DE 195 47 944 A 1, DE 197 41 554 A 1 oder EP 0 817 684, Spalte 5; 25 Zeilen 31 bis 45, bekannt sind, verwendet werden.

Wird eine Dual-Cure-Schicht (B) eingesetzt, wird sie mit aktinischer Strahlung bestrahlt, wodurch eine partiell gehärtete Schicht (B) resultiert, die noch thermisch gehärtet werden kann.

30

Auf die äußere Oberfläche der thermisch härtbaren Schichten (B) wird mindestens ein, insbesondere ein, Dual-Cure-Klarlack (C) appliziert, wodurch mindestens eine, insbesondere eine, thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbare Klarlackschicht (C) resultiert.

5

Als Dual-Cure-Klarlack (C) kann der vorstehend beschriebene nichtpigmentierte Dual-Cure-Primer (A) verwendet werden. Es kommen auch die aus den Patentanmeldungen DE 198 18 735 A 1, WO 98/40170, DE 199 08 013 A 1, DE 199 08 018 A 1, EP 0 844 286 A 1 oder EP 0 928 10 800 A 1 bekannten thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbaren Klarlacke, Pulverklarlacke und Pulverslurry-Klarlacke als Dual-Cure-Klarlacke (C) in Betracht.

Alternativ oder zusätzlich zu dem Dual-Cure-Klarlack (C) kann mindestens 15 ein, insbesondere ein, nur mit aktinischer Strahlung härtpbarer Klarlack (C) aufgetragen werden. Geeignete Klarlacke dieser Art sind aus beispielsweise der internationalen Patentanmeldung WO 98/40171 bekannt.

Vorzugsweise werden Dual-Cure-Klarlacke (C) angewandt.

20.

Die Dual-Cure-Klarlackschicht (C) wird mit aktinischer Strahlung bestrahlt, wodurch eine partiell gehärtete Klarlackschicht (C) resultiert, die noch thermisch gehärtet werden kann.

25 Die mit aktinischer Strahlung härtbare Klarlackschicht (C) wird gleichfalls mit aktinischer Strahlung bestrahlt, wodurch eine gehärtete Klarlackierung (C) resultiert.

Im Anschluss daran werden die Primerschicht(en) (A), die pigmentierte(n) 30 Schicht(en) (B) und die partiell gehärteten Klarlackschicht(en) (C) gemeinsam thermisch gehärtet. Ist oder sind die Klarlackschicht(en) (C)

bereits vollständig gehärtet und in die Klarlackierung(en) (C) umgewandelt, kann die thermische Härtung auch entfallen.

Insgesamt resultiert erfindungsgemäß die farb- und/oder effektgebende  
5 Mehrschichtlackierung, die mindestens einen Primer (A), mindestens eine farb- und/oder effektgebende Basislackierung (B) und mindestens eine Klarlackierung (C) umfasst.

Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte farb- und/oder  
10 effektgebende Mehrschichtlackierung kann noch mit anderen Beschichtungsstoffen überschichtet werden, beispielsweise mit Sealer, wie sie aus den Patentanmeldungen DE 199 10 876 A 1, DE 38 36 815 A 1, DE 198 4 3 581 A 1, DE 199 09 877 A 1, DE 139 40 858 A 1, DE 198 16 136 A 1, EP 0 365 027 A 2 oder EP 0 450 625 A 1 bekannt sind. Sealer  
15 werden auch unter der Marke Ormocer ® (organically modified ceramic) vertrieben.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist rasch und zuverlässig, kostengünstig, energiesparend und mit vergleichsweise geringem  
20 apparativen sowie mess- und regeltechnischem Aufwand durchzuführen. Insgesamt kommt es in der Linie mit weniger Beschichtungsstationen aus, als herkömmliche Verfahren. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können auch thermisch labile Substrate beschichtet werden. Auch die pigmentierten Beschichtungsstoffe werden rasch ausgehärtet, und bei der  
25 Härtung von Klarlacken kommt es nicht mehr zum Schrumpfen der resultierenden Klarlackierungen. Nicht zuletzt kann die Anzahl der zusätzlichen beweglichen Bestrahlungseinrichtungen, wie sie üblicherweise bei der Beschichtung komplexer dreidimensionaler Substrate angewandt werden müssen, signifikant verringert werden, bzw.  
30 es kann in vielen Fällen völlig darauf verzichtet werden. Außerdem ist es nicht mehr notwendig, mehrere hintereinander geschaltete Dual-Cure-

Härtungsstationen zu verwenden. Die Prozesszeiten können verkürzt werden, wodurch sich die Gefahr der Staubablagerung auf den partiell gehärteten farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen deutlich verringert. Nicht zuletzt gestattet das erfindungsgemäße  
5 Verfahren die Beschichtung von mikroporösen Oberflächen, wie sie bei SMC, BMC, IMC oder RIMC vorliegen, mit mikrobälchenfreien, farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen in Automobilqualität. Die Haftung der in erfindungsgemäßer Verfahrensweise hergestellten farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen sowie die  
10 Zwischenschichthaftung sind sehr gut. Die Mehrschichtlackierungen weisen auch einen sehr guten optischen Gesamteindruck (Appearance) auf.

### **Beispiele und Vergleichsversuche**

15

#### **Herstellbeispiele 1 und 2**

#### **Die Herstellung der Dual-Cure-Primer (A 1) und (A 2)**

20 Zur Herstellung des Dual-Cure-Primers (A 1) wurden

- 32,1 Gewichtsteile eines gesättigten Polyesters (Setal ® 1615 SS 75, 75% Festkörper in Butylacetat, der Firma Akzo Nobel),
- 25 - 14,9 Gewichtsteile eines acylierten aliphatischen Urethanoligomeren (IRR 351 der Firma UCB, Hydroxylzahl: 75 bis 90 mg KOH/g, zahlenmittleres Molekulargewicht (theoretisch): 600 Dalton, mittlere Doppelbindungs-Funktionalität (theoretisch): 3;9),
- 30 - 0,47 Gewichtsteile eines Rheologiehilfsmittels (Bentone ® SD2 der Firma Rheox),

- 0,24 Gewichtsteile eines handelsüblichen Dispergierhilfsmittels (Antiterra ® U der Firma Byk ),
- 5 - 4,03 Gewichtsteile Butylacetat,
- 22,6 Gewichtsteile eines handelsüblichen Pigments (Micavor ® 20 der Firma DAM Les Produits GmbH),
- 10 - 0,47 Gewichtsteile eines Verlaufmittels (Disparlon ® LC 900 der Firma King Industries),
- 10,2 Gewichtsteile Ethylethoxypropionat,
- 15 - 2,0 min Gewichtsteile eines Tackifiers (Polyesterhaftharz LTW der Firma Hüls, 60%ig in Xylol),
- 0,2 Gewichtsteile eines Lithiumsalzkatalysators (Nuodex ® LI der Firma OMG),
- 20 - 0,1 Gewichtsteile eines Photoinitiators (Irgacure ® 819 der Firma Ciba Specialties),
- 0,96 Gewichtsteile eines Photoinitiators (Lucirin ® TPO der Firma
- 25 BASF Aktiengesellschaft) und
- 11,73 Gewichtsteile Ethylethoxypropionat sowie
- 20 Gewichtsteile eines HDI-Trimeren (Desmodur ® N 3390 der
- 30 Firma Bayer-Aktiengesellschaft, 90%ig)

in der angegebenen Reihenfolge miteinander vermischt und anschließend homogenisiert. Das Verhältnis (UV)/(TH) lag bei 0,354.

Zur Herstellung des Dual-Cure-Primers (A 2) wurden

5

- 32,1 Gewichtsteile eines gesättigten Polyesters (Setal ® 1615 SS 75, 75% Festkörper in Butylacetat, der Firma Akzo Nobel),
- 14,9 Gewichtsteile eines acylierten aliphatischen Urethanoligomeren (IRR 351 der Firma UCB, Hydroxylzahl: 75 bis 10 90 mg KOH/g, zahlenmittleres Molekulargewicht (theoretisch): 600 Dalton, mittlere Doppelbindungs-Funktionalität (theoretisch): 3,9),
- 0,47 Gewichtsteile eines Rheologiehilfsmittels (Bentone ® SD2 der 15 Firma Rheox),
- 0,24 Gewichtsteile eines handelsüblichen Dispergierhilfsmittels (Antiterra ® U der Firma Byk ),
- 20 - 4,03 Gewichtsteile Butylacetat,
- 6,8 Gewichtsteile eines handelsüblichen monokristallinen, hydratisierten Magnesiumsilikats (Mistron ® Monomix der Firma 25 Luzenac NV),
- 0,47 Gewichtsteile eines Verlaufmittels (Disparlon ® LC 900 der Firma King Industries),
- 30 - 10,2 Gewichtsteile Ethylethoxypropionat,

- 15,8 Gewichtsteile eines elektrisch leitfähigen Micapigments (Minatec ® 40CM der Firma EM Industries),
  - 2,0 min Gewichtsteile eines Tackifiers (Polyesterhaftharz LTW der Firma Hüls, 60%ig in Xylol),
  - 0,2 Gewichtsteile eines Lithiumsalzkatalysators (Nuodex ® LI der Firma OMG),
  - 0,1 Gewichtsteile eines Photoinitiators (Irgacure ® 819 der Firma Ciba Specialties),
  - 0,96 Gewichtsteile eines Photoinitiators (Lucirin ® TPO der Firma BASF Aktiengesellschaft) und
  - 11,73 Gewichtsteile Ethylethoxypropionat sowie
  - 20 Gewichtsteile eines HDI-Trimeren (Desmodur ® N 3390 der Firma Bayer-Aktiengesellschaft, 90%ig)
- in der angegebenen Reihenfolge miteinander vermischt und anschließend homogenisiert. Das Verhältnis (UV)/(TH) lag bei 0,354.

### Herstellbeispiel 3

#### Die Herstellung eines Methacrylatcopolymerisats

In einem geeigneten Reaktor, ausgerüstet mit einem Rührer, zwei Tropftrichtern für die Monomermischung und die Initiatorlösung, Stickstoffeinleitungsrohr, Thermometer, Heizung und Rückflusskühler, wurde 650 Gewichtsteile einer Fraktion aromatischer Kohlenwasserstoffe

mit einem Siedebereich von 158 bis 172 °C eingewogen. Das Lösemittel wurde auf 140 °C erhitzt. Hiernach wurden eine Monomermischung aus 652 Gewichtsteilen Ethylhexylacrylat, 383 Gewichtsteilen 2-Hydroxyethylmethacrylat, 143 Gewichtsteilen Styrol, 212 Gewichtsteilen 4-Hydroxybutylacrylat und 21 Gewichtsteile Acrylsäure innerhalb von vier Stunden und eine Initiatorlösung aus 113 Gewichtsteilen des aromatischen Lösemittels und 113 Gewichtsteilen tert.-Butylperethylhexanoat innerhalb von 4,5 Stunden gleichmäßig in die Vorlage zudosiert. Mit der Dosierung der Monomermischung und der Initiatorlösung wurde gleichzeitig begonnen. Nach der Beendigung des Initiatorzulaufs wurde die resultierende Reaktionsmischung während weiterer zwei Stunden auf 140 °C unter Rühren erhitzt und anschließend abgekühlt. Die resultierende Lösung des Methacrylatcopolymerisats wurde mit einem Gemisch aus 1-Methoxypropylacetat-2, Butylglykolacetat und Butylacetat verdünnt.

Die resultierende Lösung wies einen Feststoffgehalt von 65 Gew.-%, bestimmt in einem Umluftofen (eine Stunde/130 °C), eine Säurezahl von 15 mg KOH/g Festkörper, eine OH-Zahl von 175 mg KOH/g Festkörper und eine Glasübergangstemperatur von -21 °C auf.

#### **Herstellungsbeispiel 4**

##### **Die Herstellung eines Dual-Cure-Klarlacks (C)**

25

Der Dual-Cure-Klarlack (C) wurde durch Vermischen der in der Tabelle 1 angegebenen Bestandteile und Homogenisieren der resultierenden Mischung hergestellt.

30 **Tabelle 1: Die stoffliche Zusammensetzung des Dual-Cure-Klarlacks (C)**

**Bestandteil****Gewichtsteile:**

---

5	<u>Stammlack:</u>	
	Methacrylatcopolymerisat des Herstellbeispiels 3	35,9
	Dipentaerythritpentaacrylat	20,0
10	UV-Absorber (substituiertes Hydroxyphenyltriazin)	1,0
	HALS (N-Methyl-2,2,6,6-tetramethylpiperidiny-lester)	1,0
15	Additiv (Byk ® 358 der Firma Byk Chemie)	0,2
	Butylacetat 98-100	29,4
	Irgacure ® 184 (handelsüblicher Fotoinitiator der	
20	Firma Ciba Specialty Chemicals)	1,0
	Lucirin ® TPO (handelsüblicher Fotoinitiator der	
	Firma BASF AG auf Basis von Acylphosphinoxid)	0,5
25	Solventnaphtha ®	11,0
	<b>Summe:</b>	<b>100</b>
	<b>Gewichtsteile</b>	
30	<u>Vernetzungsmittelkomponente:</u>	

**Summe:** 35,8  
**Gewichtsteile**

Vernetzungsmittel 1:

- 5 Isocyanatoacrylat Roskydal ® UA VPLS 2337 der  
 Firma Bayer AG (Basis: Trimeres Hexamethylen-  
 diisocyanat; Gehalt an Isocyanatgruppen: 12 Gew.-%) 26,02

Vernetzungsmittel 2:

- 10 Isocyanatoacrylat Roskydal ® UA VP FWO 3003-77  
 der Firma Bayer AG auf der Basis des Trimeren  
 von Isophorondiisocyanat (70,5 %ig in Butylacetat;  
 Viskosität: 1.500 mPas; Gehalt an Isocyanatgruppen:  
 6,7 Gew.-%) 6,52
- 15 Butylacetat 3,26
- 

**Beispiele 1 bis 6 und Vergleichsversuche V 1 bis V 6**

20

**Der Herstellung von farbgebenden Mehrschichtlackierungen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren (Beispiele 1 bis 6) und nach einem nicht erfindungsgemäßen Verfahren (Vergleichsversuche V 1 bis V 6)**

25

Für die Beispiele 2, 4 und 6 sowie für die Vergleichsversuche V 2, V 4 und V 6 wurde der Dual-Cure-Primer (A 1) des Herstellungsbeispiels 1 verwendet.

Für die Beispiele 1, 3 und 5 sowie für die Vergleichsversuche V 1, V 3 und V 5 wurde der Dual-Cure-Primer (A 2) des Herstellbeispiels 2 verwendet.

Für die Beispiele 1 und 2 und die Vergleichsversuche V 1 und V 2 wurden  
5 übliche und bekannte IMC als Substrate verwendet.

Für die Beispiele 3 und 4 und die Vergleichsversuche V 3 und V 4 wurden  
übliche und bekannte SMC als Substrate verwendet.

10 Für die Beispiele 5 und 6 und die Vergleichsversuche V 5 und V 6 wurden  
übliche und bekannter Bonderbleche verwendet.

Bei allen Beispielen und Vergleichsversuchen wurden die Dual-Cure-  
Primer (A) mit Hilfe pneumatischer Sprühpistolen in einer  
15 Nassschichtdicke aufgetragen, dass nach der Aushärtung Primer (A) einer  
Trockenschichtdicke von 25 bis 27  $\mu\text{m}$  vorlagen.

Bei den Beispielen 1 bis 6 und den Vergleichsversuchen V 1 bis V 6  
wurden die resultierenden Primerschichten (A) mit UV-Strahlung einer  
20 Dosis  $1,5 \times 10^4 \text{ Jm}^{-2}$  bestrahlt, wonach sie noch thermisch härtbar waren.

Bei den Vergleichsversuchen V 1 bis V 6 wurden die resultierenden  
Primerschichten (A) zusätzlich noch während 20 Minuten bei 80 °C  
thermisch gehärtet, wonach sie vollständig ausgehärtet waren.

25

Auf die thermisch härtbaren Primerschichten (A) der Beispiele 1 bis 6 und  
die vollständig ausgehärteten Primerschichten (A) der Vergleichsversuche  
V 1 bis V 6 wurde jeweils ein thermisch härtbarer handelsüblicher  
Wasserbasislack (B) (Nachtschwarz der Firma BASF Coatings AG)  
30 pneumatisch in einer Nassschichtdicke appliziert, dass nach der  
vollständigen Härtung die Basislackierungen (B) eine Trockenschichtdicke

von 12 bis 15  $\mu\text{m}$  auf aufwiesen. Die applizierten Basislackschichten (B) wurden während zehn Minuten bei 80 °C getrocknet.

Auf die getrockneten Basislackschichten (B) wurde der Dual-Cure-Klarlack  
5 (C) des Herstellbeispiels 4 in einem Kreuzgang pneumatisch appliziert. Die Nassschichtdicke wurde so eingestellt, dass nach der vollständigen Härtung Klarlackierungen (C) einer Trockenschichtdicke von 40 bis 45  $\mu\text{m}$  resultierten. Der Klarlack wurde nach fünfminütigem Ablüften bei Raumtemperatur zehn Minuten bei 80 °C getrocknet, mit UV-Strahlung  
10 einer Dosis von  $1,5 \times 10^4 \text{ Jm}^{-2}$  bestrahlt und abschließend während 30 Minuten bei 90 °C gehärtet.

Die Haftungseigenschaften der farbgebenden Mehrschichtlackierungen der Beispiele und Vergleichsversuche wurden mit Hilfe des  
15 Dampfstrahltests geprüft. Dazu wurde jeweils ein Kreuz in die Mehrschichtlackierungen geritzt. Die geritzten Stellen wurden mit einem Wasserstrahl besprüht (Gerät der Firma Walter Typ LTA2; Druck: 80 bar; Wassertemperatur: 80 °C; Abstand Düsen Spitze/Prüftafel: 12 cm; Belastungsdauer: 30 Sekunden; Geräteeinstellung: F 2).

20

Der Grad der Abplatzungen wurde bei den Beispielen 5 und 6 sowie bei den Vergleichsversuchen V 5 und V 6 (Substrat: Bonderbleche) visuell beurteilt und wie folgt benotet:

25 **Note                      Grad der Abplatzungen**

0	keine
1	geringe
2	gering bis mittel
30 3	mittel
4	stark

## 5 vollständig

Bei den Beispielen 1 und 2 sowie den Vergleichsversuchen V 1 und V 2 (Substrat: IMC) und den Beispielen 3 und 4 sowie den Vergleichsversuchen V 3 und V 4 (Substrat: SMC) wurde beurteilt, ob die Mehrschichtlackierungen keine Abplatzungen erlitten hatten (Note i.O.) und ob Substratbruch eingetreten war.

Die Mehrschichtlackierungen der Beispiele 1 bis 4 und der Vergleichsversuche V 1 bis V 4 wurden der Gitterschnittprüfung nach DIN ISO 2409: 1994-10 unterworfen. Der Schneidenabstand betrug 1,5 mm.

Die Mehrschichtlackierungen der Beispiele 5 und 6 und der Vergleichsversuche V 5 und V 6 wurden ebenfalls der Gitterschnittprüfung nach DIN ISO 2409: 1994-10 unterworfen. Der Schneidenabstand betrug 2 mm.

Außerdem wurden die Mehrschichtlackierungen der Beispiele 5 und 6 und der Vergleichsversuche V 5 und V 6 noch der Multisteinschlagprüfung nach VDA (2\*500 g Stahlschrot) unterworfen. Die resultierenden Abplatzungen wurden beurteilt und benotet (Note 1: keine Abplatzungen, bis Note 5: sehr starke Abplatzungen).

Die durch die Multisteinschlagprüfung belasteten Mehrschichtlackierungen der Beispiele 5 und 6 und der Vergleichsversuche V 5 und V 6 wurden noch dem Dampfstrahltest unterzogen. Die hieraus resultierende Beschädigung wurde, wie oben angegeben, visuell beurteilt und benotet.

Die Tabelle 2 gibt einen Überblick über die erhaltenen Versuchsergebnisse. Die Versuchsergebnissen untermauern, dass mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens Mehrschichtlackierungen

erhalten wurden, die den Mehrschichtlackierungen, die nach einem üblichen und bekannten Verfahren hergestellt wurden, völlig ebenbürtig waren - und dies obwohl bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ein thermischer Härtungsschritt weniger angewandt werden musste als bei dem herkömmlichen Verfahren. Dies bedeutet bei der Übertragung des erfindungsgemäßen Verfahrens in die betriebliche Praxis eine starke Verkürzung der Prozesszeiten und eine Einsparung von Energie und Kapital.

## 10 Tabelle 2: Versuchsergebnisse

### Bsp. und Test:

Vgl.vers. Dampfstrahl    Gitterschnitt    Multisteinschlag +  
Dampfstrahl

			1,5 mm	2 mm	
15					
	V 1	i.O.	0	-	-
20	V 2	i.O.	0	-	-
	1	i.O.	0	-	-
	2	i.O.	0	-	-
25	V 3	i.O. (Substratbruch)	0	-	-
	V 4	i.O. (Substratbruch)	0	-	-
30					

3	i.O.	0	-	-	-
	(Substratbruch)				
4	i.O.	0	-	-	-
5	(Substratbruch)				
V 5	-	-	0	3	4
V 6	-	-	0	2,5	3,5
10					
5	-	-	0	3	3,5
6	-	-	0	3	3,5

---

15

Auch in ihren optischen Eigenschaften (Appearance) waren die Mehrschichtlackierungen ebenbürtig und von bester Automobilqualität.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen, die
- 5
- (A) mindestens einen Primer,
- (B) mindestens eine farb- und/oder effektgebende Basislackierung und
- 10
- (C) mindestens eine Klarlackierung
- umfassen, dadurch gekennzeichnet, dass man
- 15
- (I) mindestens einen thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbaren, pigmentierten oder unpigmentierten Primer (A) auf ein Substrat appliziert, wodurch mindestens eine Primerschicht (A) resultiert,
- 20
- (II) die Primerschicht(en) (A) mit aktinischer Strahlung bestrahlt, wodurch mindestens eine partiell gehärtete Primerschicht (A), die noch thermisch gehärtet werden kann, resultiert,
- (III) mindestens einen thermisch härtbaren und/oder mindestens
- 25
- einen thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbaren, pigmentierten Beschichtungsstoff (B) auf die äußere Oberfläche der partiell gehärteten Primerschicht(en) (A) appliziert, wodurch mindestens eine pigmentierte Schicht (B), die noch thermisch oder thermisch und mit aktinischer
- 30
- Strahlung gehärtet werden kann, resultiert,

- (IV) die thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbare(n) Schicht(en) (B) mit aktinischer Strahlung bestrahlt, wodurch mindestens eine partiell gehärtete Schicht (B), die noch thermisch gehärtet werden kann, resultiert,
- 5
- (V) mindestens einen mit aktinischer Strahlung härtbaren und/oder mindestens einen thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbaren Klarlack (C) auf die äußere Oberfläche der Schicht(en) (B) appliziert, wodurch mindestens eine mit aktinischer Strahlung härtbare und/oder mindestens eine thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbare Klarlackschicht (C) resultiert oder resultieren,
- 10
- (VI) die mit aktinischer Strahlung härtbaren und/oder thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbare(n) Klarlackschicht(en) (C) mit aktinischer Strahlung bestrahlt, wodurch mindestens eine mit aktinischer Strahlung gehärtete Klarlackierung und/oder mindestens eine partiell gehärtete Klarlackschicht (C), die noch thermisch gehärtet werden kann, resultiert oder resultieren, und
- 15
- 20
- (VII) die Primerschicht(en) (A), die pigmentierten Schicht(en) (B) und die noch thermisch härtbare(n) Klarlackschicht(en) (C) gemeinsam thermisch härtet.
- 25
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Substrate Kraftfahrzeugkarosserien und Anbauteile hiervon verwendet werden.
- 30
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Anbauteile SMC, BMC, IMC und RIMC sind.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Primer (A)

5 (a1) mindestens einen Bestandteil mit

(a11) im statistischen Mittel mindestens zwei funktionellen Gruppen pro Molekül, die mindestens eine mit aktinischer Strahlung aktivierbare Bindung enthalten, die der Vernetzung mit aktinischer Strahlung dient, und gegebenenfalls

10

(a12) mindestens einer isocyanatreaktiven Gruppe,

15 (a2) mindestens einen thermisch härtbaren Bestandteil mit mindestens zwei isocyanatreaktiven Gruppen

und

20 (a3) mindestens ein Polyisocyanat

enthält.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die isocyanatreaktiven Gruppen (a12) aus der Gruppe, bestehend aus Hydroxyl-, Thiol-, primären und sekundäre Aminogruppen und Iminogruppen, ausgewählt werden.

25

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die funktionellen Gruppen (a11) aus der Gruppe, bestehend aus Kohlenstoff-Wasserstoff-Einzelbindungen oder Kohlenstoff-

30

Kohlenstoff-, Kohlenstoff-Sauerstoff-, Kohlenstoff-Stickstoff-, Kohlenstoff-Phosphor- oder Kohlenstoff-Silizium-Einzelbindungen oder -Doppelbindungen, ausgewählt verwendet werden.

- 5 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die funktionellen Gruppen (a11) Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen („Doppelbindungen“) sind.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Doppelbindungen in (Meth)Acrylat-, Ethacrylat-, Crotonat-,  
10 Cinnamat-, Vinylether-, Vinylester-, Ethenylarylen-, Dicyclopentadienyl-, Norbornenyl-, Isoprenyl-, Isoprenyl-, Isopropenyl-, Allyl- oder Butenylgruppen; Ethenylarylen-, Dicyclopentadienyl-, Norbornenyl-, Isoprenyl-, Isopropenyl-, Allyl-  
15 oder Butenylethergruppen oder Ethenylarylen-, Dicyclopentadienyl-, Norbornenyl-, Isoprenyl-, Isopropenyl-, Allyl- oder Butenylestergruppen vorliegen.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Doppelbindungen in Acrylatgruppen vorliegen.  
20
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die funktionellen Gruppen (a12) Hydroxylgruppen sind.  
25
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestandteile (a2) aus der Gruppe, bestehend aus linearen oder verzweigten, blockartig, kammartig oder statistisch aufgebauten Oligomeren und Polymeren,  
30 ausgewählt werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Oligomeren und Polymeren (a2) aus der Gruppe, bestehend aus (Meth)Acrylat(co)polymerisaten, Polyestern, Alkyden, Aminoplastharzen, Polyurethanen, Polylactonen, Polycarbonaten, Polyethern, Epoxidharz-Amin-Addukten, (Meth)Acrylatdiolen, partiell verseiften Polyvinylestern und Polyharnstoffen, ausgewählt werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Primer (A) das Verhältnis von Isocyanatgruppen zur Summe der isocyanatreaktiven funktionellen Gruppen  $< 1,3$  ist.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der thermisch härtbare Bestandteil (a2) eine Uneinheitlichkeit des Molekulargewichts (massenmittleres Molekulargewicht  $M_n$ /zahlenmittleres Molekulargewicht  $M_n$ ) von  $< 4$  hat.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Dual-Cure-Primer (A) das Verhältnis von Festkörpergehalt an mit aktinischer Strahlung härtbaren Bestandteilen (UV) zu Festkörpergehalt an thermisch härtbaren Bestandteilen (TH) bei  $(UV)/(TH) = 0,2$  bis  $0,6$  liegt.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der thermisch härtbare Bestandteil (a2), bezogen auf seine Gesamtmenge, einen Gehalt an aromatischen Struktureinheiten  $< 5$ , Gew.% aufweist.